Peltier elementen

Met peltier-elementen kunt u volledig elektrisch, zonder enig bewegend onderdeel te gebruiken, voorwerpen of ruimten met tientallen graden celsius afkoelen of opwarmen. Bovendien kunt u zo'n onderdeel gebruiken voor het meten van het temperatuurverschil tussen beide zijden van het element.

Auteur: Jos Verstraten, Landgraaf, Nederland
Email: josverstraten@live.nl
Publicatiedatum: 08-05-2023

Inleiding

Wat zijn peltier-elementen?
Peltier-elementen zijn thermo-elektrische onderdelen die u kunt opvatten als warmtepompen. Met een peltier-element kunt u warmte van de ene zijde van het element naar de andere transporteren. De richting waarin de warmte door het element loopt is afhankelijk van de richting van de gelijkstroom die door het element vloeit. Het temperatuurverschil tussen de ene zijde en de andere zijde kan oplopen tot meer dan 60 °C.

Peltier-elementen verlagen de temperatuur
U kunt peltier-elementen zowel voor koeling als voor verwarming gebruiken. Maar om iets elektrisch te verwarmen hebt u uiteraard veel eenvoudigere en goedkopere onderdelen ter beschikking: gewone weerstanden! Het zal dus wel duidelijk zijn dat peltier-elementen in de praktijk voornamelijk worden toegepast voor het koelen van onderdelen die op een zeer klein oppervlak zoveel vermogen dissiperen dat normale koeling door middel van koelplaten of zelfs geforceerde koeling met behulp van ventilatoren niet meer volstaat.
Wie leest '*klein oppervlak*' denk uiteraard onmiddellijk aan geïntegreerde schakelingen. Niet ten onrechte, want peltier-elementen spelen een belangrijke rol bij het koelen van zeer vermogen intensieve IC's zoals moderne processoren en geheugens. Het probleem bij dergelijke schakelingen is dat er nogal wat vermogen in de chip wordt gedissipeerd. Normaal wordt de warmte-ontwikkeling, die daarvan het gevolg is, afgevoerd via de behuizing. Eventueel kan deze behuizing voorzien worden van een koelplaat met ventilator. In de moderne hoog-geïntegreerde schakelingen wordt er echter zoveel warmte opgewekt dat deze middelen niet meer volstaan. Vandaar dat men zogenoemde '*ice-cap's*' heeft ontwikkeld, koelblokken die op snelle microprocessoren worden bevestigd en de warmte die in de chip wordt opgewekt door middel van het peltier-effect effectief afvoeren naar de buitenwereld.

Peltier-elementen stabiliseren de temperatuur
U kunt de warmte-stroom in twee richtingen door een peltier-element sturen door het simpelweg omkeren van de polariteit van de voeding. In het ene geval kunt u het element gebruiken om een ruimte te koelen, in het andere geval om de ruimte te verwarmen. Peltier-elementen zijn dus ideale onderdelen om een onderdeel, zoals een kwarts-kristal, op een constante temperatuur te houden.

Een oude ontdekking
Hoewel het peltier-effect al meer dan 150 jaar bekend is, werd dit fysische verschijnsel tot voor het jaar 2000 nauwelijks op grote schaal toegepast. Redenen hiervoor waren de zeer hoge prijs van de peltier-elementen en het vrij lage rendement. Maar nu de elementen

spotgoedkoop worden aangeboden kunt u uw temperatuur problemen steeds vaker met dergelijke elementen oplossen.

Voordelen van peltier-elementen
Uiteraard bestaan er nog andere systemen om grote hoeveelheden warmte van de ene naar de andere plaats te transporteren. Te denken valt aan compressietechnieken, absorptiesystemen en waterkoeling middels radiatoren. Peltier-elementen hebben echter nogal wat voordelen ten opzichte van deze traditionele systemen:

- Peltier-elementen koelen en verwarmen.
- Peltier-elementen hebben geen bewegende delen.
- Peltier-elementen werken volledig onderhoudsvrij.
- Peltier-elementen werken geruisloos.
- Peltier-elementen werken in alle standen en bewegingsrichtingen.

De weggepompte warmte kan zeer eenvoudig door middel van traditionele koelblokken, eventueel aangevuld met ventilatoren, aan de buitenlucht worden afgestaan. Door middel van tamelijk eenvoudige elektronische schakelingen kunt u het thermische vermogen van de warmtepomp instellen.

Fysische achtergronden van peltier-elementen

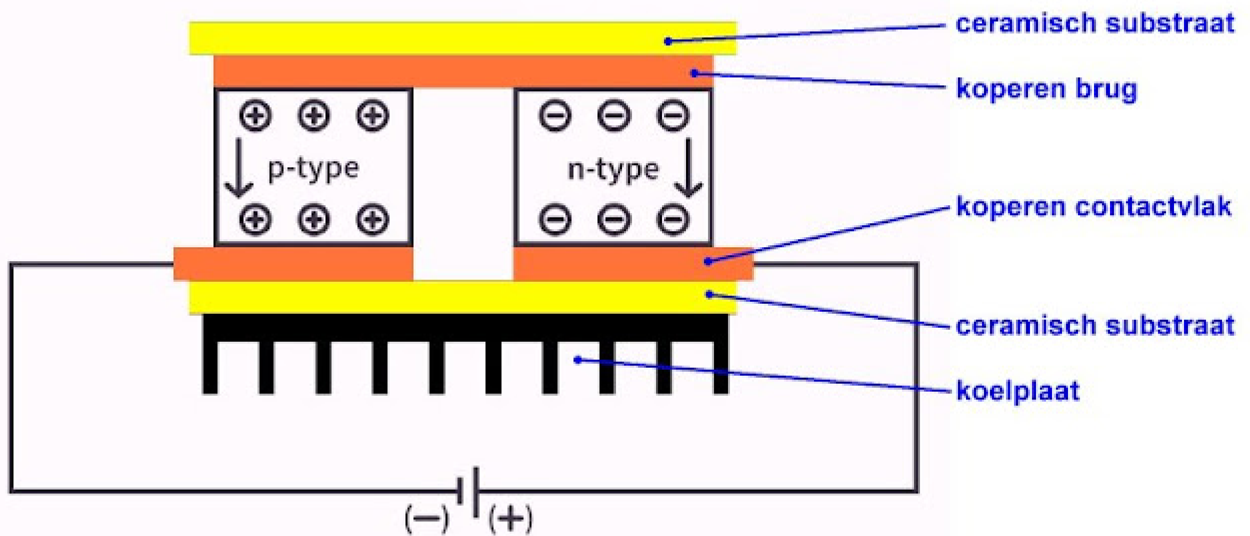
De benaming
De naam '*peltier-element*' is uiteraard afgeleid van de naam van de uitvinder van het peltier-effect. Dit natuurkundig verschijnsel werd in 1834 ontdekt door de Franse natuurkundige Jean Charles Athanase Peltier. In de dagelijkse praktijk komt u echter vaak alternatieve benamingen tegen:

- Frigistor, afgeleid van het Engelse woord voor koelen.
- TED, letterwoord voor '***T**hermo **E**lectric **D**evice*'.

Het principe van het peltier-effect
Jean Peltier stelde bij experimenten vast dat de contactplaats tussen twee verschillende metalen, die doorlopen werden door een gelijkstroom, kouder of warmer werd dan de omgeving. De richting waarin de stroom door de contactplaats vloeide was bepalend voor de temperatuurstijging of -daling van de contactplaats. In die tijd werd deze ontdekking als louter academisch bijgeschreven in de zeer uitgebreide stal van vreemdsoortige natuurkundige verschijnselen, die toevallig werden ontdekt. Praktische toepassingen zag men niet. Maar dank zij de halfgeleider-technologie is het peltier-effect zeer actueel en praktisch bruikbaar geworden.

De moderne peltier-cel
Een moderne peltier-cel bestaat niet uit twee metalen, maar uit halfgeleidende materialen. In de meeste gevallen wordt gebruik gemaakt van bismut-telluride (Bi_2Te_3), dat sterk positief en negatief wordt gedoteerd. Twee van dergelijke tegengesteld gedoteerde blokjes halfgeleidend materiaal n^- en p^+ worden aan één zijde met elkaar verbonden met een koperen brug. Deze is voorgesteld aan de bovenzijde van de onderstaande tekening. De twee vrije zijden worden via koperen contactvlakjes verbonden met de twee polen van een gelijkspanningsbron. De grenslaag tussen de halfgeleiders en de koperen brug is wegens de zeer sterke dotering zo dun dat hierin geen gelijkrichting kan optreden. Hetgeen tot gevolg heeft dat de gelijkstroom in beide richtingen door de constructie kan lopen.
Bij een tamelijk grote stroom (u moet hierbij denken aan ampères) vindt in het grensgebied van het bovenste koper en het halfgeleidende materiaal generatie van vrije ladingsdrager plaats. De valentie-elektronen verbreken hun atoomverband. Daar is echter energie voor nodig, energie die wordt onttrokken aan het koper. Het gevolg is dat de temperatuur van de koperen brug gaat dalen. De koperen brug vormt, bij de getekende stroomrichting, dus de koude zijde van de peltier-cel. Aan de onderste zijde van de cel vinden uiteraard recombinaties van elektronen en positieve ionen plaats. Hierbij ontstaat warmte, die wordt

afgegeven aan de twee koperen contactvlakken.
De constructie wordt ingeklemd tussen twee ceramische substraten, zeer dunne plaatjes die voor de elektrische isolatie van de cel zorgen. De warme kant moet altijd worden voorzien van een koelplaat die ervoor zorgt dat de gegenereerde warmte kan worden afgevoerd naar de lucht. Op deze manier kan de constructie werken als een warmtepomp.



De samenstelling van een moderne peltier-cel. (© 2023 Jos Verstraten)

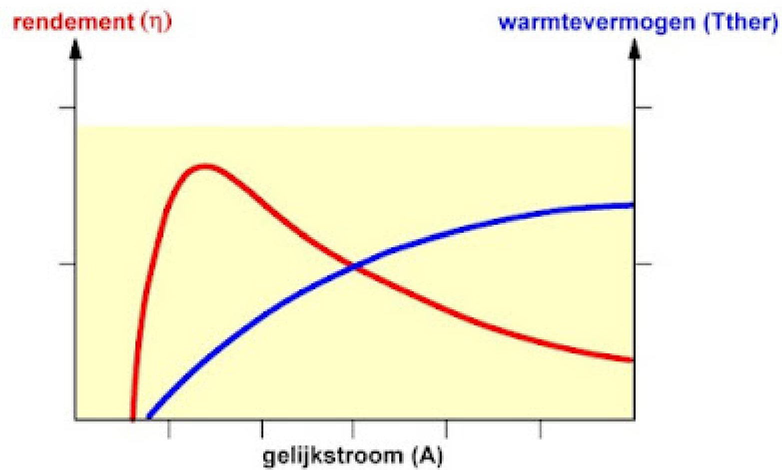
Reversibele werking
Uit de bespreking van de werking van een peltier-cel volgt onmiddellijk dat het effect reversibel is. Poolt u de richting van de stroom om, dan zal de generatie van vrije ladingsdragers plaats vinden aan de twee koperen contactvlakken en de recombinaties bij de koperen brug. In dat geval vormt de brug de hete zijde van de cel en de contactvlakken de koude zijde. Maar uit de constructie van de cel volgt eigenlijk al dat het de bedoeling is dat de koperen brug de koude zijde van de cel blijft! Deze zijde heeft immers een groter contactoppervlak en kan bijgevolg met het meeste rendement worden ingezet voor het absorberen van warmte uit een te koelen onderdeel.
Tóch treft men in de praktijk veel systemen aan waarbij de reversibiliteit van een peltier-cel wordt gebruikt om een voorwerp te koelen als het te warm is of dat voorwerp te verwarmen als het te koud is.

Een tweede reversibiliteit
In principe kunt u een peltier-cel opvatten als een groot uitgevallen thermokoppel. Het zal u dan ook niet verbazen dat het peltier-effect ook op dit gebied reversibel is. Over de cel kunt u een zeer kleine gelijkspanning meten waarvan de grootte evenredig is met het temperatuurverschil tussen de boven- en onderzijde van de cel.

De thermische pomp-energie
De hoeveelheid thermische energie die per seconde door de cel stroomt kan worden uitgedrukt door de formule:
$Pk = \alpha \bullet Tk \bullet I$
waarin:
- α gelijk is aan de Seebeck-coëfficiënt van het halfgeleidende materiaal
- Tk de temperatuur van het kristal
- I de grootte van de gelijkstroom

Het rendement wordt echter in de praktijk iets lager, omdat u uiteraard rekening moet houden met de warmte-ontwikkeling in de inwendige weerstand van het materiaal. Deze kan uitgedrukt worden door de bekende formule:
$P = I^2 \bullet R$
Daarnaast treedt er ook een warmtestroom op in de cel van de warme zijde naar de koude zijde. Maar omdat de thermische weerstand van het halfgeleider materiaal vrij groot is, valt

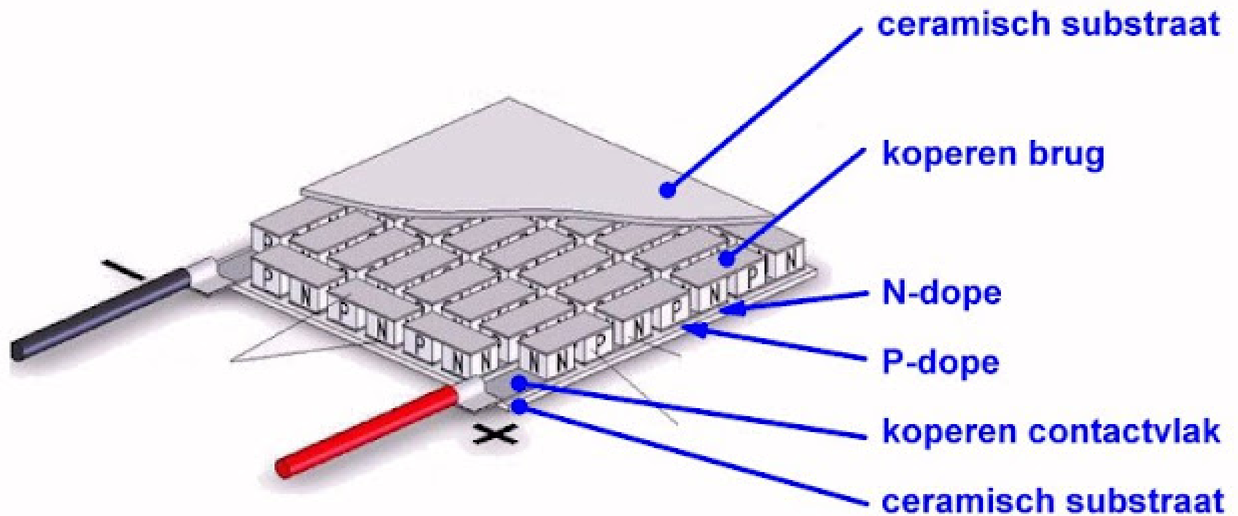
deze vrijwel te verwaarlozen ten opzichte van de energie die aan de koude zijde wordt onttrokken.
In de onderstaande grafiek worden links het rendement η en rechts het warmtevermogen T_{ther} van een peltier-cel voorgesteld. Het rendement neemt eerst toe en nadien weer af. Dat is het gevolg van het stijgende thermische vermogen dat de toenemende stroom in de cel genereert. Wilt u het hoogste rendement uit een peltier-cel halen moet u dus een lagere dan de maximaal toegelaten stroom door het onderdeel sturen.



Het rendement en het warmtevermogen in functie van de stroom.
(© 2023 Jos Verstraten)

De peltier-elementen in de praktijk

Samenstelling
Een peltier-cel is maar een paar mm² groot en u kunt er in de praktijk niet erg veel mee doen. Vandaar dat de cellen steeds worden samengevoegd tot koelblokken of -elementen, opgebouwd uit een groot aantal identieke cellen.
De principiële samenstelling van een dergelijk praktisch element is geschetst in de onderstaande figuur. Zoals duidelijk uit de constructietekening blijkt zijn de afzonderlijke cellen elektrisch in serie geschakeld. Thermisch staan de cellen echter parallel, want alle koude contactbruggen staan aan dezelfde zijde van de constructie. Hetzelfde geldt dan uiteraard evenzeer voor de warme contactbruggen. Hierdoor wordt het koelend oppervlak vergroot en neemt de capaciteit van de warmtepomp toe.
Het elektrisch in serie schakelen van de afzonderlijke cellen heeft als voordeel dat ook de celspanningen in serie staan en dat u de gehele constructie kunt voeden met gelijkspanningen tussen 12 V en 15 V.



Zo zijn de praktische peltier-elementen samengesteld.
(© MicrowavesIOI.com, edit Jos Verstraten)

Volledig reversibel
Uit de bespreking van de constructie van een praktisch bruikbaar peltier-element blijkt dat dit volledig reversibel werkt. Het oppervlak van de koperen contactplaatjes aan de ene kant is vrijwel gelijk aan dat van de andere kant. De thermische stroom in de ene richting is dus vrijwel gelijk aan de thermische stroom in de andere richting.

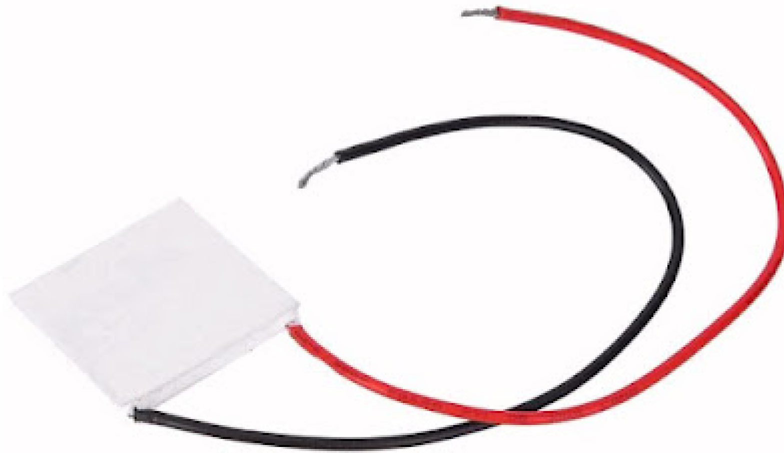
Het maximaliseren van het rendement
De warmtestroom door een peltier-element is onder andere afhankelijk van het temperatuurverschil tussen de koude en de warme zijde. Om dit verschil zo groot mogelijk te maken moet de warme zijde een zo groot mogelijk oppervlak hebben. Dat kan gerealiseerd worden door deze zijde te bevestigen op een traditionele koelplaat, die eventueel extra wordt gekoeld met een ventilator. In de onderstaande foto ziet u een '*bouwpakket*' dat via diverse Chinese sites wordt aangeboden voor prijzen rond € 5,80. Het pakket bevat een peltier-element, een koelplaat en een ventilator.



Een geforceerd gekoeld peltier-element. (© AliExpress)

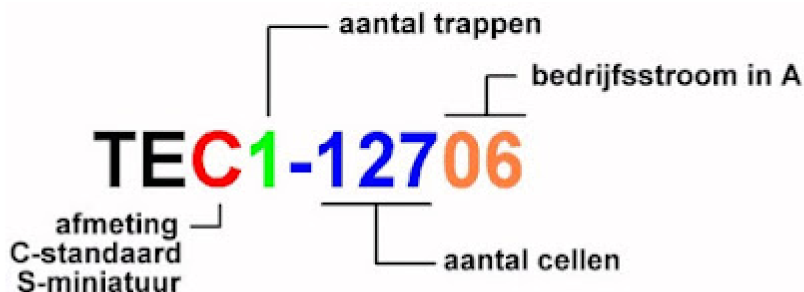
Praktische uitvoeringen van peltier-elementen

Inleiding
Ook op het gebied van peltier-elementen hebben Chinese fabrikanten een groot marktaandeel verworven. Op sites als Banggood en AliExpress kunt u peltier-elementen voor een paar euro's bestellen. Deze zien er uit zoals voorgesteld in de onderstaande foto. Dat is een TEC1-12706 die al voor iets meer dan twee euro bij AliExpress te koop is.



Een typisch voorbeeld van een goedkoop Chinees exemplaar.
(© AliExpress)

Codering van peltier-elementen
In de onderstaande figuur is weergegeven hoe u de type-codering moet interpreteren. Deze is namelijk niet willekeurig maar volgt een bepaalde afspraak tussen de fabrikanten. Let op dat uitsluitend een stroom wordt gespecificeerd en geen spanning. U moet dus een peltier-element voeden met een constante stroom in plaats van met een constante spanning.



De betekenis van de type-codering. (© 2023 Jos Verstraten)

De pompcapaciteit
Dit is uiteraard de belangrijkste eigenschap en wordt uitgedrukt in watt bij gelijke temperaturen aan beide zijden, dus onmiddellijk na het inschakelen.

De warme en de koude kant
Als u de rode draad aansluit op de plus van de voeding zal de kant met de componentenopdruk de koude kant van het element zijn.

Model TEC1-12703
- Afmetingen: 40 mm x 40 mm x 4,2 mm
- Draadlengte: 310 mm
- Weerstand: 4,0 Ω ~ 4,3 Ω
- Bedrijfsstroom: 3 A
- Koelvermogen: 18 W
- Bedrijfstemperatuur: -40 °C ~ +60 °C
- Maximale verschiltemperatuur: 65 °C
- Prijs: € 2,39 (AliExpress)

Model TES1-12704

- Afmetingen: 30 mm x 30 mm x 3,2 mm
- Draadlengte: 200 mm
- Weerstand: 3,37 Ω ~ 3,80 Ω
- Bedrijfsstroom: 4 A
- Koelvermogen: 36 W
- Bedrijfstemperatuur: -40 °C ~ +60 °C
- Maximale verschiltemperatuur: 60 °C
- Prijs: € 2,02 (AliExpress)

Model TEC1-12705

- Afmetingen: 40 mm x 40 mm x 3,4 mm
- Draadlengte: 100 mm
- Weerstand: 2,4 Ω ~ 2,7 Ω
- Bedrijfsstroom: 5 A
- Koelvermogen: 42,5 W
- Bedrijfstemperatuur: -40 °C ~ +60 °C
- Maximale verschiltemperatuur: 61 °C
- Prijs: € 2,11 (AliExpress)

Model TEC1-12706

- Afmetingen: 40 mm x 40 mm x 3,75 mm
- Draadlengte: 100 mm
- Weerstand: 2,1 Ω ~ 2,4 Ω
- Bedrijfsstroom: 4,6 A
- Koelvermogen: 50 W
- Bedrijfstemperatuur: -40 °C ~ +60 °C
- Maximale verschiltemperatuur: 61 °C
- Prijs: € 2,11 (AliExpress)

Praktische schakelingen met peltier-elementen

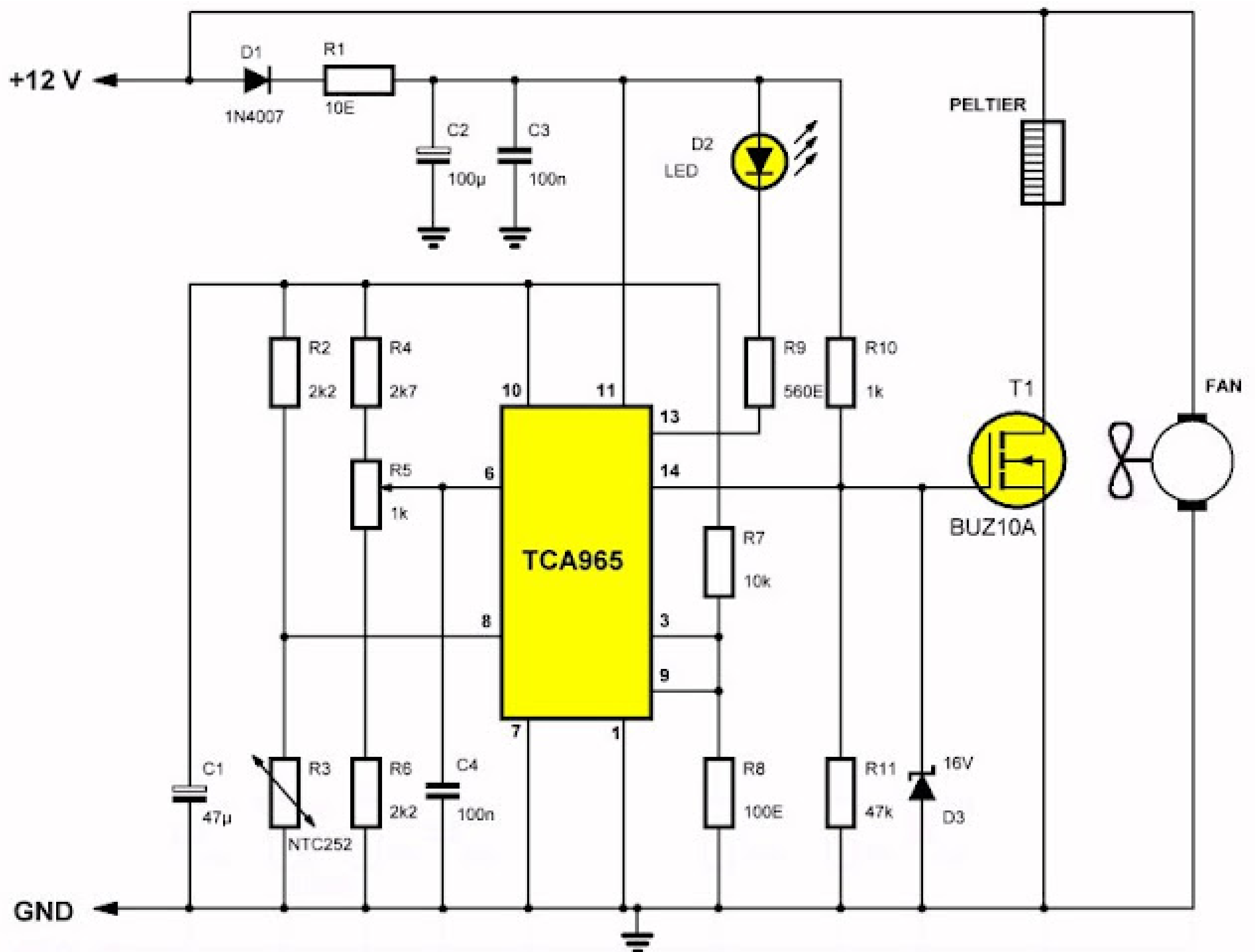
Constante stroom of puls breedte modulatie sturing

Zoals uit de formule van het vermogen blijkt, is het thermische vermogen van een peltier-element recht evenredig met de stroom die door het element wordt gestuurd. Deze ideale relatie heeft tot gevolg dat het heel eenvoudig mogelijk is het vermogen van de warmtepomp elektronisch te regelen. Het volstaat een elektronische schakeling te verzinnen die een bepaalde constante stroom door het peltier-element stuurt. Door nu deze stroombron uit te breiden met een terugkoppelsysteem, met als ingang een temperatuursensor en als uitgang het peltier-element, kunt u de temperatuur van een ruimte stabiliseren op een bepaalde waarde. Met een eenvoudige elektronische schakeling en een groot vermogen peltier-element kunt u bijvoorbeeld een koelbox ontwerpen, waarin de temperatuur met een tolerantie van ±1/10 °C constant blijft. Met zo'n box kunt u het thermisch gedrag van elektronische onderdelen onderzoeken.
In plaats van sturing met een constante stroom kunt u ook sturen met een constante spanning die u door middel van een PWM-regeling via een MOSFET aan het peltier-element aanbiedt. Met zo'n puls breedte modulatie zorgt u ervoor dat de gemiddelde stroom door het peltier-element is te regelen tussen 0 % en 100 % van de maximale waarde.

Het schema van een elektronische koelbox

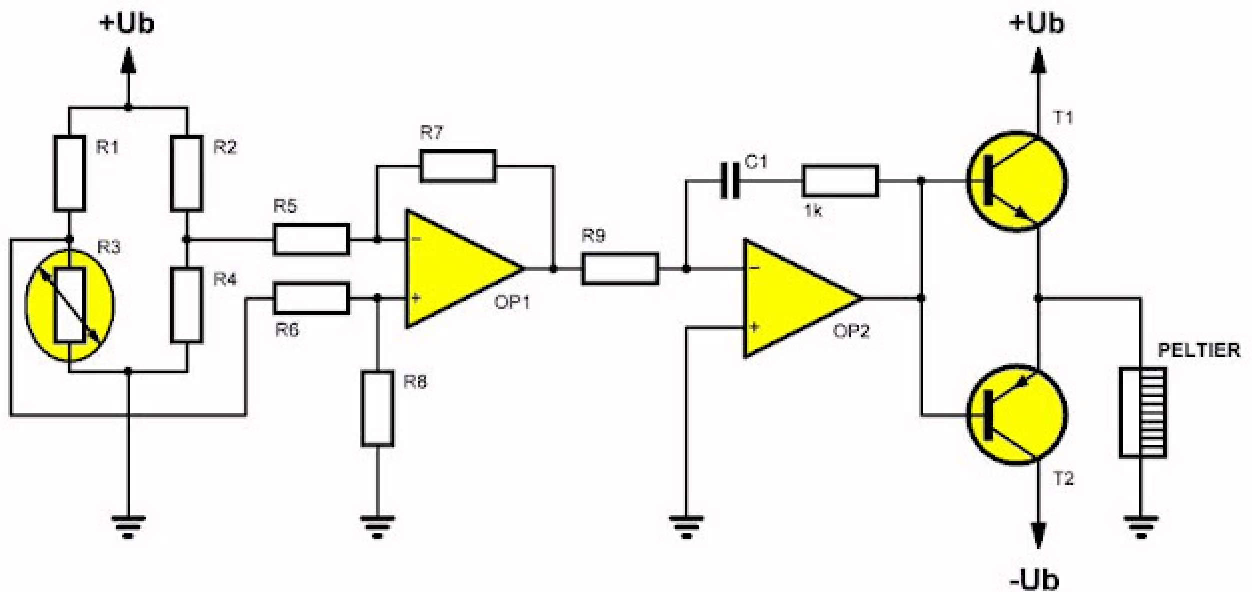
In de onderstaande figuur is het schema getekend van een elektronische koelbox, gepubliceerd in Funkschau. U kunt de temperatuur in de koelbox met behulp van een potentiometer instellen tussen -2 °C en +25 °C.
Bij dit schema wordt geen proportionele besturing van het peltier-element toegepast. De stroom door het element wordt in- of uitgeschakeld, zodat deze regeling te vergelijken is met

deze van de thermostaat van een CV-ketel. Als regelelement wordt gebruik gemaakt van een oeroude maar nog leverbare TCA965 van Siemens. Dit comparator-IC heeft een ingebouwde referentiegenerator die een zeer stabiele spanning van ongeveer 7,9 V op pen 10 opwekt. Deze referentiespanning wordt gebruikt voor het voeden van een temperatuursensor en het voeden van een potentiometer. De temperatuursensor, een weerstand met negatieve temperatuurscoëfficiënt NTC252, is uiteraard in de te koelen ruimte van de koelbox aangebracht. De NTC zit in een spanningsdeler met de metaalfilmweerstand R2 van 2,2 kΩ. De spanning op het knooppunt van beide weerstanden is afhankelijk van de temperatuur in de koelbox. Deze spanning wordt aangeboden aan ingang 8 van de TCA965. De spanning van de potentiometer gaat naar ingang 6. Het IC vergelijkt de twee spanningen en stuurt via de MOSFET BUZ10A het peltier-element. Als de spanning op pen 6 groter is dan de spanning op pen 8 wordt het element gestuurd. In het andere geval zal de stroom door het element terug vallen naar 0.
Om te vermijden dat de comparator in de buurt van U6 = U8 voortdurend omschakelt, is een hysteresis aangebracht. Deze drempel wordt ingesteld door de verhouding van de weerstanden R7 en R8 naar de pennen 3 en 9. Met de getekende verhouding van 10 kΩ en 100 Ω bedraagt de hysteresis ongeveer 1 °C. Verlaagt u de onderste weerstand tot 56 Ω, dan daalt de hysteresis tot ongeveer 0,5 °C.
Pen 13 gaat laag als de MOSFET wordt aangestuurd. Deze uitgang kunt u dus gebruiken als werkingsindicator met de LED D2.
De MOSFET BUZ10A kan maximaal 12 A verwerken bij een maximale spanning van 50 V. In deze toepassing bedraagt de maximale stroom 5 A en de maximale spanning 14 V, zodat de MOSFET zonder problemen in deze schakeling toegepast kan worden. De geleidingsweerstand van de transistor bedraagt bij normale omgevingstemperaturen slechts 0,11 Ω. Het vermogen dat in de MOSFET wordt gedissipeerd blijft daardoor beperkt tot ongeveer 3,5 W.
U moet het peltier-element in een van de zijden van de koelbox monteren en wel zo dat alleen de koude kant in de te koelen ruimte zit en de warme kant op geen enkele manier in thermisch contact staat met de te koelen ruimte. De warme kant moet voorzien worden van een zo groot mogelijk koelprofiel. In het schema wordt uit de 12 V voedingsspanning een ventilator FAN gestuurd, die zorgt voor extra koeling van de warme zijde van het element.



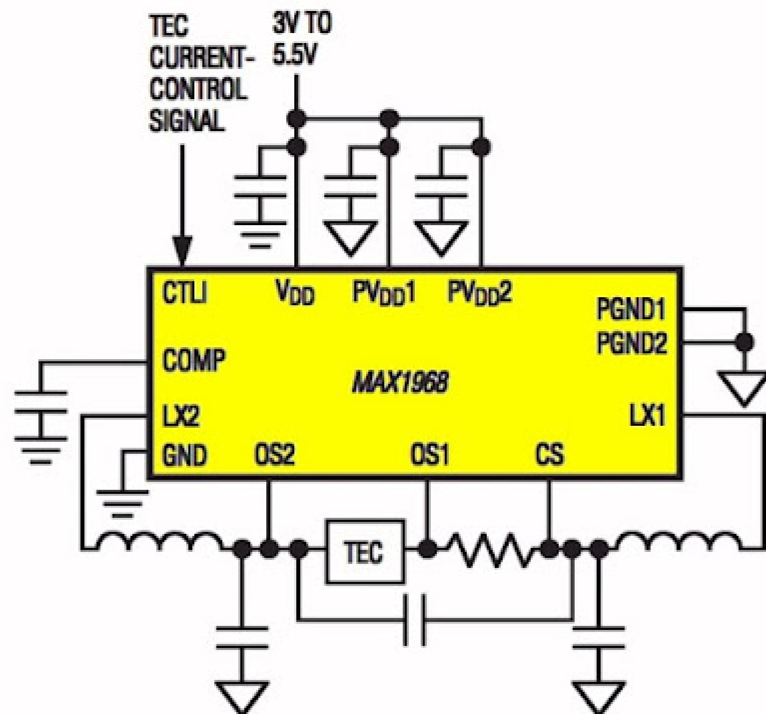
Het schema van een elektronische koelbox. (© 2023 Jos Verstraten)

Koelen en verwarmen met een peltier-element
De fabrikant heeft aan zijn peltier-elementen een voorkeur-polariteit gegeven door één draad zwart en de andere rood te maken. Het gevolg is dat één kant warmte afgeeft en de andere warmte opneemt. Theoretisch verbiedt echter niets u om het element tegengesteld te polariseren, dus plus aan zwart en min aan rood. De warmtestroom richting van de warmtepomp wordt dan omgekeerd. Op deze manier kunt u een peltier-element zowel gebruiken om een ruimte te koelen als om een ruimte te verwarmen. U kunt dus een temperatuurgevoelig onderdeel, zoals een kwart-oscillator, inbouwen in een kleine ruimte die door middel van een peltier-element op een constante temperatuur van bijvoorbeeld 20 °C wordt gehouden. Wordt de ruimte warmer, dan stuurt de elektronica de stroom op een dergelijke manier door het peltier-element dat dit de ruimte koelt. Dreigt de ruimte kouder te worden dan 20 °C, dan stuurt de elektronica de stroom in omgekeerde richting door het element en wordt de ruimte opgewarmd.
In de onderstaande figuur is het blokschema voor een dergelijke toepassing getekend. Een conventionele brug met vier weerstanden R1, R2, R3 en R4 wordt gebruikt om de temperatuur in de ruimte waarin een constante temperatuur moet heersen te meten. Hierbij is R3 een temperatuursafhankelijk element, zoals een thermistor. De weerstanden R1, R2, R3 en R4 moeten bij de gewenste temperatuur van 20 °C even groot zijn. De twee uitgangen van deze brug worden in een differentiële gelijkstroomversterker OP1 omgezet in een unipolaire spanning, die de rest van de schakeling kan sturen. De vier weerstanden R5, R6, R7 en R8 moeten even groot zijn. Als de temperatuur in de ruimte stijgt of daalt, dus afwijkt van 20 °C, wordt de uitgangsspanning van OP1 positief of negatief.
Het signaal van de versterker OP1 wordt door een actief filter OP2 geïntegreerd. Dit filter zorgt voor een soepel verloop van de regelspanning die de symmetrische eindtrap stuurt. Dit signaal stuurt een paar transistors T1 en T2, geconfigureerd als emittervolger. Deze transistors bepalen welke polariteit en hoeveel stroom er aan het peltier-element wordt aangeboden. Aangezien de transistoren T1 en T2 lineair werken, kunnen zij een aanzienlijke hoeveelheid vermogen verbruiken wanneer zij geleiden. Koeling is dus noodzakelijk!



Verwarmen en koelen met een peltier-element. (© 2023 Jos Verstraten)

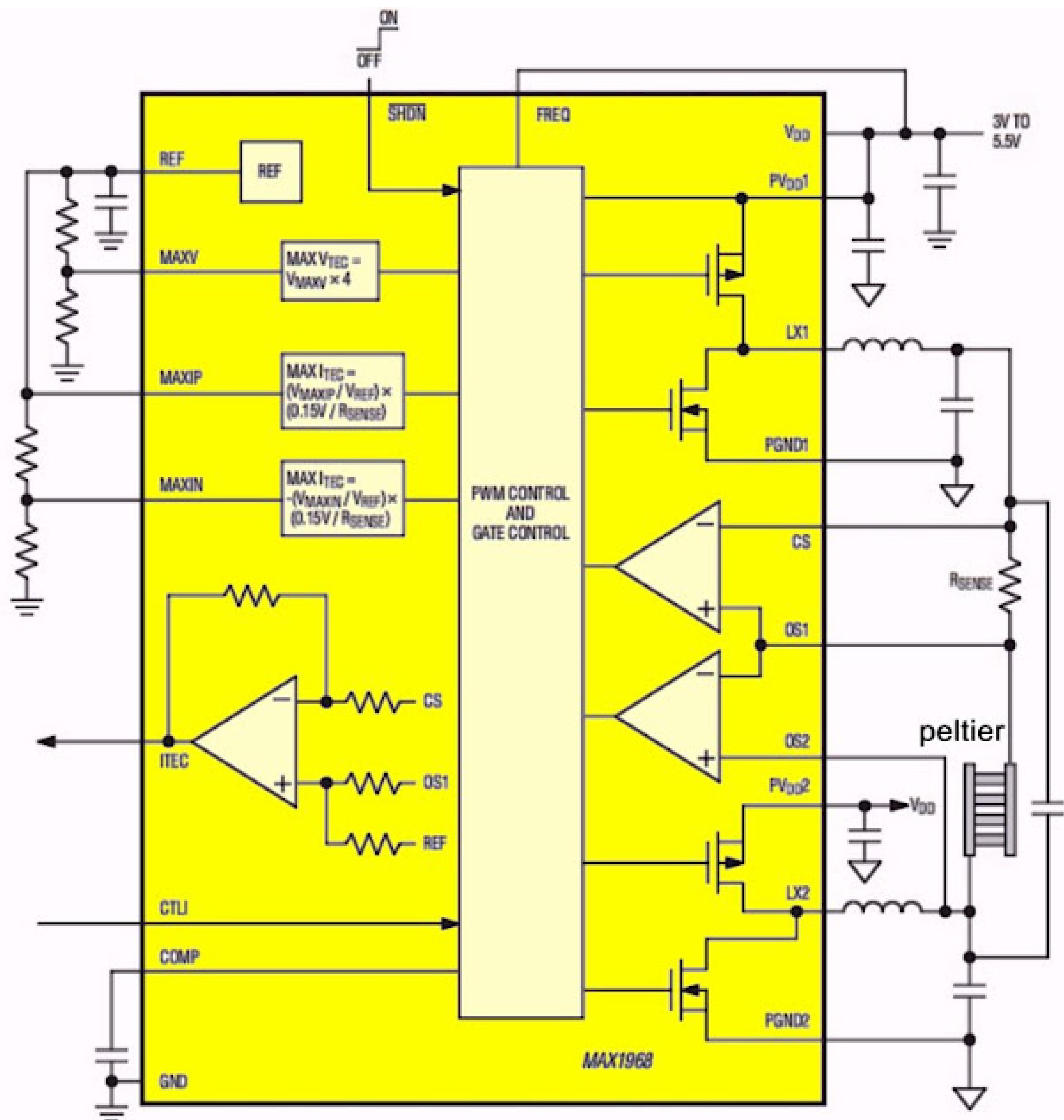
MAX1968 van Maxim stuurt ±3 A door een peltier-element
Door Maxim werd een heel duur IC ontwikkeld dat helemaal is toegespitst op het reversibel aansturen van een peltier-element uit een enkelvoudige voedingsspanning. Dat betekent dat dit IC schakelingen bevat waarmee twee buck-converters gemaakt worden die de positieve en even grote negatieve spanningen genereren voor het sturen van een stroom in twee richtingen door het peltier-element. Bij RS-Components wordt deze chip aangeboden voor een prijs van ongeveer € 25,00 per stuk.
In de onderstaande tekening is het principeschema van deze MAX1968 voorgesteld. Het peltier-element wordt hier '*TEC*' genoemd. Het IC maakt gebruik van gelijkstroomregeling om stroompieken in het peltier-element te elimineren. De schakeling wordt gevoed uit een voedingsspanning van maximaal +5 V. De twee synchrone buck-omvormers werken op een frequentie van 500 kHz tot 1 MHz, zodat zeer lage condensatorwaarden kunnen worden toegepast als afvlakelementen. De twee spoeltjes die in serie met het peltier-element zijn geschakeld vormen de belangrijkste onderdelen van de buck-convertors. Zij zorgen voor de opslingering van de voedingsspanningen die aan het peltier-element worden aangeboden. De MAX1968 is in staat een stroom tussen -3 A en +3 A door het peltier-element te sturen zonder externe componenten. Hierbij worden '*dode zones*' rond het nulpunt vermeden. De stroom door het element wordt eenvoudig ingesteld door het aanbieden van een analoge stuurspanning aan de ingang CTLI van het IC.



Het principeschema van de MAX1968.
(© 2015 Maxim Integrated Products, Inc.)

De door de fabrikant voorgeschreven praktische schakeling rond de MAX1968 is voorgesteld in het onderstaand schema. Uit dit schema kunt u ook de interne structuur van dit IC afleiden. Het voert in het kader van dit introductie-artikel over peltier-elementen te ver om dit schema tot in de details te bespreken. Via de onderstaande link kunt u het datasheet van de MAX1968 downloaden:

Aanklikbare link ➞ **Datasheet van de MAX1968**

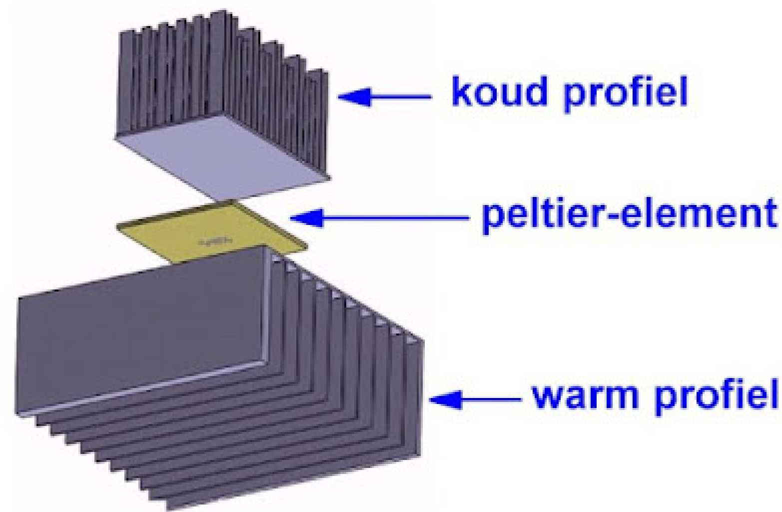


Voorbeeldschakeling rond de MAX1968. (© 2015 Maxim Integrated Products, Inc.)

De montage van een peltier element

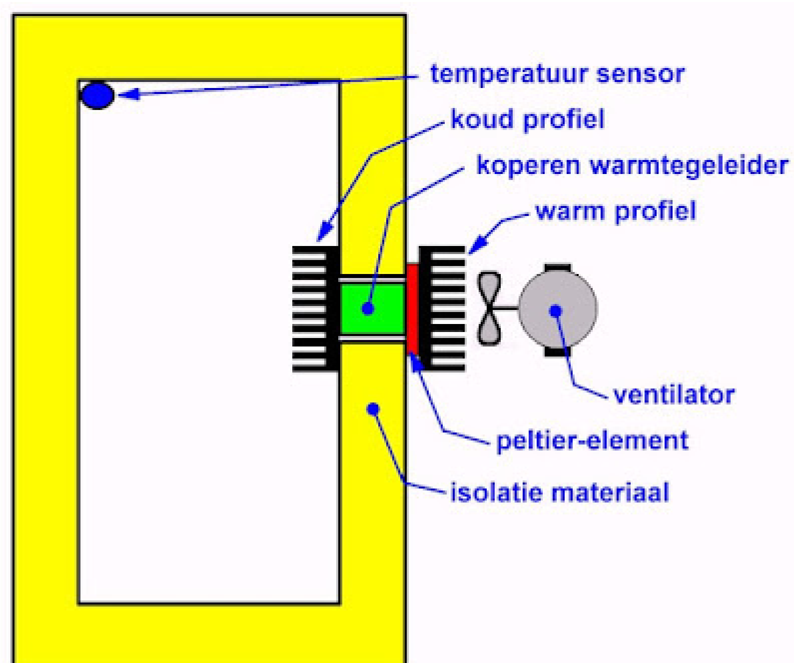
De montage bij gebruik als warmte-afvoerder
Als u een peltier-element wilt gebruiken voor het koelen van iets is de montage niet zo'n probleem. U zorgt ervoor dat de koude kant van het element in goed thermisch contact staat met het te koelen voorwerp. Aan de warme kant zorgt u voor een goede afvoer van de warmte. Aan die kant monteert u dus een koelplaat op het element met eventueel een ventilator. Dergelijke constructies zijn overal te koop, een foto van een dergelijk pakket staat al elders in dit artikel.

De montage bij gebruik als temperatuur stabilisator
Als u een peltier-element echter gebruikt voor het stabiliseren van de temperatuur in een ruimte wordt de zaak wat ingewikkelder. Zowel aan de koude kant als aan de warme kant zijn koelprofielen noodzakelijk voor het maximaliseren van het warmte-transport in beide richtingen.



Principeschema voor het stabiliseren van een temperatuur.
(© 2023 Jos Verstraten)

Maar...er is een groter probleem! Bij het afvoeren van de warmte van de ene naar de andere kant moet u ervoor zorgen dat de afgevoerde warmte niet via allerlei sluipwegen weer terug kan vloeien naar de koude kant. U moet dus een zo goed mogelijke thermische barrière aanbrengen tussen de koude en de hete kant. In de onderstaande figuur is voorgesteld hoe u dat moet doen. De geïsoleerde ruimte waarin u een constante temperatuur wilt handhaven moet u isoleren met een dikke laag piepschuim (geel). In die laag zit een gat waarin u de warmtepomp aanbrengt. Het peltier-element (rood) is aan de buitenzijde gemonteerd, samen met het warm profiel met ventilator. Het koud profiel zit aan de binnenkant van het piepschuim. De ruimte tussen dit profiel en het peltier-element moet u opvullen met een blokje massief koper (groen) dat dienst doet als warmtegeleider tussen het koud profiel en het peltier-element. De temperatuur sensor (blauw) monteert u zo ver mogelijk van de warmtepomp, in dit geval dus in de linker bovenhoek van de geïsoleerde ruimte.



Thermische isolatie tussen de hete en de koude kant.
(© 2023 Jos Verstraten)

Het peltier-element als spanningsbron

Bij de bespreking van de werking van de peltier-cel wezen wij er al op dat zo'n cel reversibel is. Over de cel meet u een kleine gelijkspanning waarvan de waarde afhankelijk is van het temperatuurverschil Δt tussen beide zijden van de cel. De spanning over één cel is echter zo klein dat er weinig mee te beginnen valt. Dat wordt anders als u de spanning meet die over een peltier-element staat. Een TEC1-12706 bevat 127 cellen en de spanningen over deze cellen staan in serie. Over zo'n peltier-element ontstaat dan ook een uitstekend meetbare spanning die ongeveer gelijk is aan 20 mV per graad celsius temperatuurverschil. Zoals uit de onderstaande grafiek blijkt is het verband tussen spanning en temperatuurverschil zelfs lineair. Een eenvoudig systeem waarmee u de temperatuur van een voorwerp kunt meten! Denk er echter steeds aan dat deze meting niet een absolute temperatuur meet, maar het verschil tussen twee temperaturen!



Verband tussen de spanning over een peltier-element
en het temperatuurverschil tussen beide zijden van het element.
(© www.ydom.ru, edit Jos Verstraten)